

# 令和元年度 地震研究所職員研修会 アブストラクト集



日 程      令和2年1月22日(水) ～ 24日(金)

地震研究所研修運営委員会

## 二軸圧縮試験機の LabVIEW 制御プログラムの FPGA 化

○竹内昭洋（東京大学地震研究所 技術部技術開発室）

### はじめに

地震研究所が現有する二軸圧縮試験機の実験データを精査したところ、縦軸および横軸の両成分に 5Hz の振動ノイズが徐々に乗るようになってきているのが判明した。ノイズ源は、制御信号生成ユニット（外部制御器で生成・出力した指令信号とセンサーからのフィードバック信号との差を取ってサーボアンプユニットに制御信号を出力する）に同居する別系統の電子回路であった。そこで諸処の事情も鑑み、この制御信号生成ユニットを使わずに、National Instruments 社の LabVIEW と Compact RIO を用いて FPGA 制御信号生成ユニットを自作した(竹内ほか, 2019)。

ところが、Microsoft 社による Windows7 のサポート終了に伴い、学内での Windows7 使用が制限されることとなった。これを機に、Windows OS や LabVIEW のアップグレード作業も含め、外部制御器が行っていた指令信号の計算も FPGA に組み込んだ新たな制御プログラムに刷新することとした。

### ハードウェア

新制御用 PC の OS は Windows10 とし、LabVIEW 2019 をインストールした。指令信号および制御信号の計算と出力には Compact RIO を使用し、試験機への制御信号出力用の AO モジュールとセンサーからのフィードバック信号入力用の AI モジュールを装着させた。制御用 PC は Compact RIO と Ethernet ケーブルを介して、目標値の送信やモニタ用データの受信などを行う仕様とした。

### ソフトウェア

仮想的な制御信号生成ユニット操作面を制御用 PC 画面上部に用意し、フィードバック信号の選択や制御信号のオフセットを調整をキーボードとマウスで行えるようにした。また、入力されるフィードバック信号にはデジタルフィルタを通すことがそれぞれ選択できるようにし、制御信号には任意の増幅をさせることができるようにした。

制御信号生成ユニット操作面の下に、試験機のメイン操作画面を配置した。この画面上で制御モードの選択や目標値の設定などを行い、Compact RIO 内の FPGA プログラムに約 5Hz の更新頻度で転送する仕様とした。

FPGA プログラムにおける信号の入出力と計算は 25kHz で更新する仕様とした。試験機操作の補助となるいくつかのデータは FIFO 仮想モジュールにバッファされ、制御用 PC がグラフ化のために読み出す仕様とした。

### おわりに

制御信号の更新レートが 200Hz から 25kHz に上がったこともあり、制御信号からサーボ電流への変換時の増幅率を上げて、より俊敏な動作をアクチュエータにさせることが可能となった。今後は、いくつかの性能テストとプログラムの改善を行った後に、本格的な実験に移る予定である。

### 文献

竹内ほか, 2019, 二軸圧縮試験機の制御信号生成ユニットの FPGA 化（地震研究所職員研修会）。

## LINE メッセージングアプリによるデータ表示手法汎用化の検討について

○岡田 和見（北海道大学 理学研究院附属地震火山研究観測センター）

### はじめに

昨年「スマートフォンアプリケーションによる観測データの通信確認手法の開発について」という表題で発表した。この手法は観測点の名前を LINEbot サーバーに送信する最新の Win ファイルを dewin し、そのデータを Python ライブラリで読み込みグラフ化、手元のモバイル端末で簡易的に観測データを可視化確認できるというものである。発表に対する反響は多少あったものの、PC の開発環境に非常に依存したアプリケーションであったため、他のコンピューターの環境では、いざ導入しようとしてもサーバーの設定や、プログラミング言語、それに依存するライブラリのバージョン管理など様々な環境差異の対応に苦勞し、結果導入を踏みとどまるという事があった（図 1 左）このような事態を踏まえ、本発表では、本アプリケーションの汎用化の為にしている検討について発表する。

これを用いることでホストの環境とアプリケーションの実行環境を分離でき環境差異の影響を受けにくいプロセス実行が可能となる。今回、本アプリケーション実行のための各機能の仮想実行環境を構築し運用できるか検討した。（図 1 右）

- ② ドキュメント指向データベースを用いた一時的連続データ閲覧用データベースの作成
- ドキュメント指向データベースには今回 MongoDB を使用する。MongoDB では JSON に似た形式のオブジェクトで表現される構造的データのドキュメントの集合をコレクションとして管理する。また、データ型にあった自然な形でデータを格納することができるという特徴がある。汎用化を検討する上で、Win データ以外の時系列データも並行して保存閲覧するケースがあるのではないかと考え、今回、MongoDB によるデータベースの実装運用も検討した。

### 検討内容

- ① Docker を用いたアプリケーション実行環境コンテナ群の構築

Docker は現 Docker 社が自社のウェブアプリケーションを簡単に構築する為に始めたプロジェクトで仮想マシンに比べ起動が

昨年の開発環境



早く軽量の仮想 Linux コンテナイメージを作成、利用することができる。（吉岡、2016）

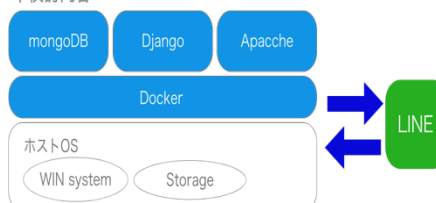
### 結果

発表当日に実際にデモを行いながら、本検討結果を発表いたします。

### 文献

吉岡恒夫(2016). Docker 実践活用ガイド マイ

本検討内容



ナビ出版

図 1. 昨年の開発環境と本検討内容の概要.

## 三陸沖光ケーブル式海底地震津波観測システムの ビーチアース部分に発生した析出物の調査

○田中伸一・外西奈津美・篠原雅尚（東京大学地震研究所）

### はじめに

日本周辺は、太平洋プレート、北米プレート、ユーラシアプレート、フィリピン海プレートの4つのプレートが衝突する複雑な構造を持っている。過去にもプレートの沈み込みに連動する巨大地震が発生しているが、その地震の多くは海域のプレート沈み込み帯において発生するため、その現象の解明には、海域における地震観測が必要不可欠である。

海域における地震観測の1つに、地震計を耐圧容器に入れ、海底ケーブルに接続して海底に敷設し、陸上と海域を有線で結んで観測する方法がある。この方法は、陸上の定常地震観測と同じように長期連続観測が行えるというメリットがある。

三陸沖海底ケーブル式地震津波観測システム（通称釜石海底ケーブルシステム）は1996年に設置された。このシステムは、3つの地震計と2つの津波計、データを集約してテレメートする陸上局舎部分（岩手県釜石市）から構成されている。2011年3月11日に発生した東日本大震災の際も、震源の近くにおいて、貴重な地震や津波のデータを得ることができた。一方で、大津波によって陸上局舎部分は完全に流失してしまったが、海底ケーブルの部分は無事であったため、2014年に陸上局舎を再建し、陸上側システムを導入して観測を再開した（田中ら2014）。便宜上、このシステムを旧システムと呼称する。

2017年4月に、ケーブルの状況確認のため汀線部においてダイバー調査を実施したところ、旧システムの土囊入りコンクリートで防護されたビーチアース部分に、白黒色の

析出物が見られ、さらにその一部分より定常的に気泡が発生していた。過去のダイバー調査結果を精査したところ、このビーチアース部分の変異は、2014年の旧システム復旧直後より始まっていた。また、2017年6月ごろより、旧システムの海底ケーブルに供給しているDCの電圧に、過去に見られない大きな変化が見られた。これらの異変や異常が、旧システムを構成する機器類に影響を及ぼす可能性がある。

そこで、旧システムに発生している異変に関して、過去の記録を精査するとともに、ビーチアース部分に発生した析出物を破壊して採取し、化学分析を行った。

なお、析出物を破壊した直後に、発泡が始まった。この発泡をペットボトル内に水中置換で採取し、陸上の広い安全な場所で火をつけたところ爆発的に燃烧したので、この発泡の主成分は可燃性ガスである水素の可能性が高い。

また、析出物を破壊した後に、DC電源の電圧が下がり、電圧の変動幅も小さくなった。

### 析出物の化学分析とその結果

試料小片の断面部は白色部分と灰褐色部分からなる互層構造を示しており、肉眼の観察において各層の厚さおよび構成粒子に違いが認められた。薄片試料を作製し、EPMA (JEOL JXA-8800R) を用いて形態観察および化学組成の分析を行った。観察および分析条件は以下の通りである。

装置条件 15 keV, 12 nA

ビーム径 1  $\mu\text{m}$  以下または 10  $\mu\text{m}$

測定元素 Si, Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K,  
P, V, Ni, Cr, S, Cl

反射電子組成像は試料の構成元素により輝度が異なり、原子番号が大きい（重い）ほど明るく光る性質を持つ。本試料の場合、肉眼で白色に見える部分は反射電子組成像では灰色に、肉眼で灰色に見える部分は白色の色調を示した。多くの面積を占める灰色、白色の帯状部分について組成分析をおこなったところ、前者はドロマイト( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ )、後者は炭酸カルシウム( $\text{CaCO}_3$ )であると推察された。

## 考察

海水中にはおよそ 3.5%の塩分が含まれており、それに含まれる金属イオン（陽イオン）は、濃度の高い順に、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{K}^+$ である。これらの金属はイオン化傾向が比較的大きい。また、陰イオンは、濃度の高い順に、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{HCO}_3^-$ である。

最も高濃度である  $\text{Na}^+$ は陰イオンと化合して  $\text{NaCl}$  や  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{NaHCO}_3$  を作るが、それらの溶解度は非常に高く、水中で化合物を作りにくい。一方で、 $\text{Mg}^{2+}$ や  $\text{Ca}^{2+}$ の化合物は溶解度が非常に低い。これらのことから、マイナス電極に金属イオンが集まってそれらの濃度が高まり、飽和濃度を越えた化合物が少しずつ沈着して、最終的にドロマイトや炭酸塩として析出物を形成したと考えられる。

さらに、析出物周辺で可燃性ガスの発泡が確認されているので、これらの事実を併せると、ステンレス治具がマイナス極となり、DC 給電による海水の電気分解が起こっているのは間違いない。これらのことから、現在、水中コンクリートで防護された銅製のビーチアースは海水と接触しておらず、ビーチアースとステンレス治具が導通し、ステンレス治具と

海水が接触していると考えられる。

この析出物は、2009 年 6 月のビーチアース補修工事から 2011 年 3 月の東日本大震災の大津波による被災で観測停止した期間には発生していなかった。これらの期間は、コンクリート防護部分に十分な隙間があり、ビーチアース本体と海水が十分に接触しており、電流も海中に流れやすい状態になっていたと考えられる。その後、何らかの理由（大津波によって砂や堆積物などが隙間に詰まった and/or 隙間に生物が繁殖した）でコンクリート防護部の目が詰まり、ビーチアース本体と海水の接触が悪くなったため、導電体であるステンレス治具を通して電流が流れるようになったのだろう。

また、ビーチアース本体の表面積に比べて、ステンレス治具の海水暴露部の表面積はかなり小さいこと、ステンレス治具の主成分であるニッケルやクロムはイオン化傾向が比較的高いことから、より析出物が集まりやすい状況にあったと考えられる。

## 対処方法

旧システム DC 給電の電圧不安定を解消させるためには、コンクリート防護部の目詰まりを解消させてビーチアース本体と海水との接触を良くするか、ステンレス治具周辺に発生する析出物を定期的に取り除く必要がある。また、2014 年 4 月にステンレス治具部分に析出が見られた後、2017 年 6 月に DC 給電電圧の変動が始まったことから、少なくとも 3 年に 1 回の頻度で析出物を取り除くことが望ましい。

## 参考文献

田中伸一・宮川幸治・八木健夫・荻野泉・山田知朗・酒井慎一・ト部卓・篠原雅尚，2014，三陸沖光ケーブル式海底地震・津波観測システム釜石陸上局舎の再建，震研技報，20，25-33。

## A-0-A 方式による海底圧力計ドリフト補正システムの開発

○佐藤真樹子・鈴木秀市・太田雄策・日野亮太

(東北大学大学院理学研究科 付属地震・噴火予知研究観測センター)

### はじめに

海底圧力計は海底圧力変動の上下変動を把握する手段として非常に重要である。しかし得られたデータには圧力センサーのもつ長期ドリフトによる見かけの変動が含まれるため、ドリフト成分を推定・除去することが課題となる。

東北大学では産業技術総合研究所と共同で圧力センサーの長期ドリフト特性の評価実験を行ってきた。その結果、高圧印加時と印加圧力ゼロ（実際には室圧＝ほぼ1気圧）時のドリフト特性とがほぼ一致することが判明した。

海底圧力観測への応用として、耐圧容器内部の気圧と外部の水圧を同一のセンサーで測定し、内部気圧変動から印加圧力ゼロ時のドリフト成分を推定して、海底圧力変動からドリフト成分を除去するシステム（以下 A-0-A 方式と呼ぶ）を開発し、実海域での試験を実施した。

### A-0-A 方式の利点

圧力センサーのドリフトは長期変動であるうえ、ドリフト特性は個々のセンサーによって異なることから、ドリフト成分の測定と補正には時間がかかることが予想される。

A-0-A 方式では、連続加圧中に一定の間隔で短時間圧力を開放し高圧と低压の2系統の圧力を測定することにより、一度の測定で個々のセンサーのドリフト補正が可能になる。

### ドリフト補正システムの概要

開発したドリフト補正システムでは、耐圧容器であるガラス球内に圧力センサーを配置した。外部の水圧はガラス球内部に引き込

み、三方バルブによりガラス球内の気圧と切り替える。

圧力測定の際管内は圧力媒体で満たすが、三方バルブの切替え時に圧力媒体がわずかにガラス球内に漏出するため、ガラス球外部にオイル溜めを、ガラス球内部にオイル受けを設置した。また、球内の実際の気圧変動を測定するために、高精度大気圧計も設置した。

三方バルブの切替えは電動アクチュエータで行い、測定間隔等の設定や制御はマイコンで行なった（図1）。

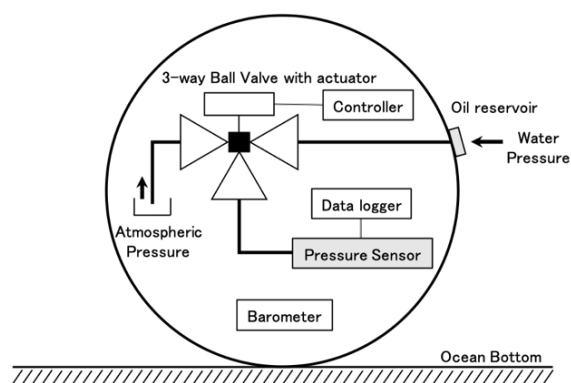


図1. ドリフト補正システムの模式図

### システム開発上の検討事項

#### ・東北大の実験環境

東北大では加圧装置としてハンドポンプを使用し、それぞれの機器をSUS管で接続して実験系を構築した。

この実験系は実海域と異なる温度や気圧などの環境下であり、また系が小さく印加圧力側がバルブ切替えの影響を受けるなど、実海域での観測とは測定条件が異なる。このためこれらの違いを踏まえた上でのシステムの検討、開発が必要となった。

- ・圧力媒体内の気泡の影響

配管の経路内に気泡が混入していると、センサーで測定される圧力媒体の液体圧と、配管外側の海底水压または容器内気圧とは正確には一致しなくなる。とくに、バルブの切替えを繰り返し行う本装置の場合には、その影響は複雑となるため、事前の空気抜きの作業が重要である。

- ・PEEK チューブの影響

当初、三方バルブの気圧側出口にオイル受けまでの経路として PEEK チューブ（内径約 0.5mm）を使用した。簡便性から使用したが、バルブ切替時の急速な圧力変動に追従した圧力変化が測定できないことが判明し、後述のオイル溜めに使用したシリコンチューブ（内径 5mm）に変更した。

- ・オイル溜めの検討

高圧側のオイル溜めとして海水に接しない容器を検討したが、容器素材の圧力媒体に対する耐薬品性・強度、圧力媒体の充填方法等の点から、圧力媒体を充填したシリコンチューブを十分な長さ用意することで、オイル溜めとして使用することにした。

- ・電動アクチュエータ装置の固定と設定

三方バルブの切替えに電動アクチュエータを使用した。バルブ切替え時にかかるトル

クによりアクチュエータ装置本体が動いてしまう可能性があり固定方法を検討した。また、バルブ切替え動作に必要なとされるトルクが印加圧力によって変化することが判明したため、アクチュエータ装置のトルク設定について検討を行った。

## 実海域におけるシステム試験

システムの動作確認を目的とした試験観測を 2019 年 7 月 5 日から 9 日の約 4 日間、千島海溝根室沖の水深約 2700m の場所において実施した。設置・回収は通常の実験と異なり、海面からの自由落下および錘の切り離しによる自己浮上によって行った。浮上後にデータを確認した結果、水压とガラス球内の圧力を交互に計測する機構が想定通りに機能していたことが確認できた（図 2）。

現在は、三陸沖の水深約 4100m の場所において、2 回目の試験観測を 2019 年 11 月より半年間実施中である。

**謝辞：**本研究は、平成 30 年度 産総研-東北大 マッチング研究支援事業の支援を受けたものです。

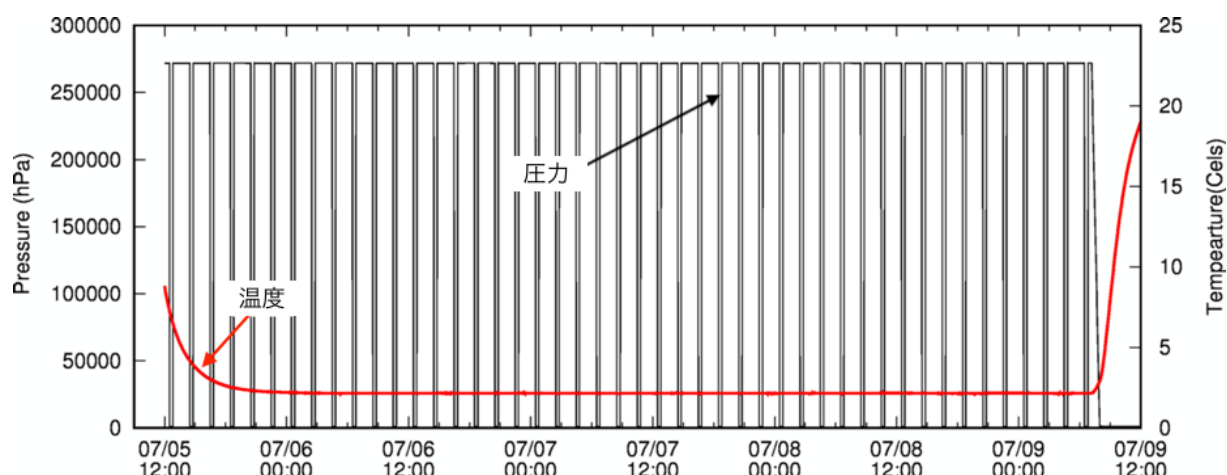


図 2. 実海域試験結果



## MEMS 加速度計の強震観測への利用可能性に関する調査（その2）

松浦 侑<sup>1</sup>、石川 聡<sup>1</sup>、西正樹<sup>1</sup>、竹田智博<sup>1</sup>、島崎 郁弥<sup>1</sup>、中川 茂樹<sup>2</sup>、相澤 幸治<sup>1</sup>

1：気象庁地震火山部管理課 2：東京大学地震研究所地震火山情報センター

### 1. はじめに

気象庁では、平成 29 年度より MEMS 加速度計の強震観測への利用可能性について調査を行っている。昨年度は、計測震度の観測結果などを報告した（松浦ほか、2019）。今年度は、震度以外の観測性能を評価するため、静穏環境下での S/N の評価や長周期地震動の測定を行うとともに、自己ノイズの異なる複数の MEMS 加速度計の評価を行った。

### 2. 調査に使用した MEMS 加速度計

本調査で使用した MEMS 加速度計の主なカタログ値を表 1 に示す。カタログ値が示すダイナミックレンジ、自己ノイズ等は気象庁が観測点に整備しているサーボ型加速度計とほぼ同等の性能を有している。

表 1 調査で使用した MEMS 加速度計の主なカタログ値

|          |                                                                       |
|----------|-----------------------------------------------------------------------|
| 感度       | 2.0 ± 5% V/(m/s <sup>2</sup> ) 以内                                     |
| 計測範囲     | X,Y 軸：± 19.6 m/s <sup>2</sup> 以上<br>Z 軸：-9.8 ~ +29.4 m/s <sup>2</sup> |
| バイアス温度係数 | ± 1961 μ (m/s <sup>2</sup> )/°C 以内                                    |
| 自己ノイズ    | 9.8 × 10 <sup>-6</sup> (m/s <sup>2</sup> )rms/√Hz 以下                  |

### 3. 静穏環境下での S/N の評価

気象庁松代地震観測所大坑道地震計室において、MEMS 加速度計とサーボ型加速度計と同一の地震計台上に設置し、同一のログで観測を行った。松代地震観測所大坑道は国内の観測点としては非常に静穏な環境にあり、USGS が設置している STS-1 地震計のパワースペクトルは Low Noise Model に近い値を示す（Peterson, 1993）。

加速度波形で比較すると MEMS 加速度計

は平均振幅が 0.01cm/s<sup>2</sup> 程度でサーボ型加速度計に比べ数倍程度の振幅となった。Peterson のノイズモデルと比較すると、MEMS 加速度計のパワースペクトルはサーボ型加速度計に比べて 3-5 倍程度となる（図 1）。いずれの加速度計も STS-1 でみられるような NLNM との並行性は認められない。この結果は、平田ほか（2001）において報告された松代地震観測所における釧路沖海底地震計の加速度計の試験結果と同様であり、得られた振動波形は各加速度計の自己ノイズによるものと考えられる。

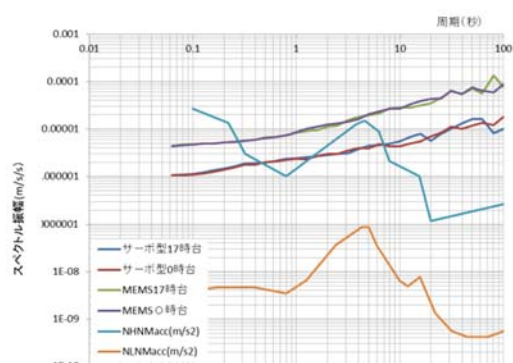


図 1 松代大坑道におけるノイズ波形のパワースペクトル

設置期間に長野県中部で発生したマグニチュード 0.5 の地震による波形を図 2 に示す。最大振幅（0.03~0.06 cm/s<sup>2</sup>）はほぼ一致するが、サーボ型加速度計に比べ、MEMS 加速度計は立ち上がり部分をノイズと区別しにくい。このため、今回調査した MEMS 加速度計は、概ね 0.02cm/s<sup>2</sup> 程度が自己ノイズとの S/N と考えられる。異なる条件で調査した携帯電話（iPhone8）の MEMS 加速度計の自己ノイズによる S/N は 0.1cm/s<sup>2</sup> 程度であり、自己ノイズで震度 1 程度となるため、低震度の観測への適用は難しい。



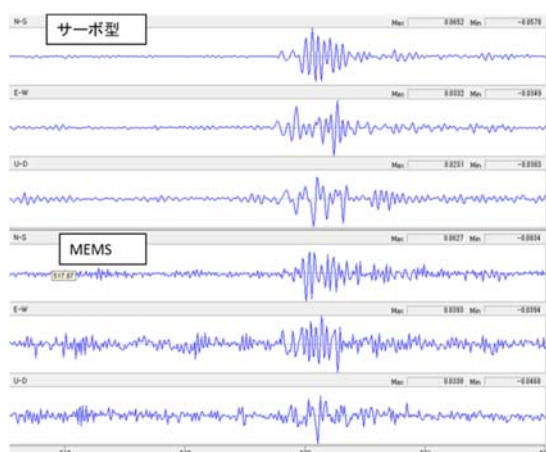


図 2 松代大坑道において観測した自然地震波形  
(2019. 9. 26 19:38 長野県中部 M0.5)

#### 4. 長周期地震動の測定

気象庁では多機能型地震計や計測震度計の波形を用いて周期 1-2 秒から 7-8 秒の揺れについて、長周期地震動に関する情報を提供している。このため、長周期地震動波形について震度計検定装置を用いた加振試験により MEMS 加速度計とサーボ型加速度計での波形の比較を行った。

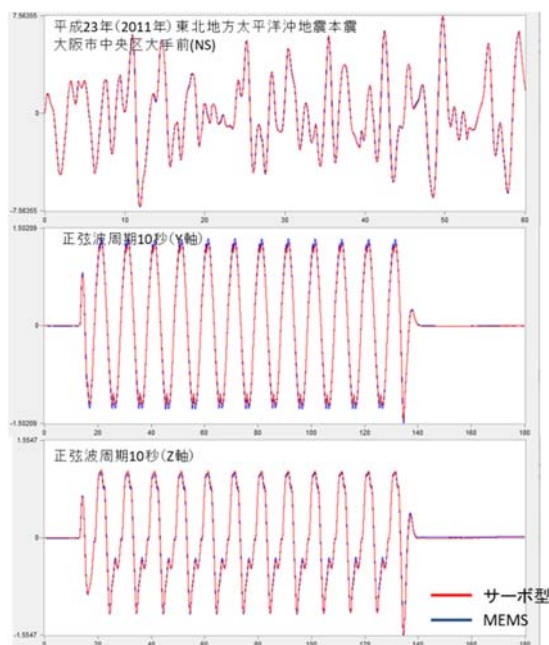


図 3 長周期地震動波形による比較

図 3 に平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震の本震による大阪府中央区大手前での強震波形の再現波と周期 10 秒（ $1.3\text{cm/s}^2$ ：震度 1）の正弦波形での MEMS 加速度計とサーボ型加速度計の比較結果を示す。波形はほぼ一致しており、周期 3、4、6、8、15 秒の正弦波でも同様の結果が得られ、MEMS 加速度計は、低震度の長周期地震動に対してもサーボ型加速度計と同等の性能を有することが分かった。

#### 5. おわりに

昨年度の報告および今年度の結果から、自己ノイズが概ね  $1.0 \times 10^{-6} (\text{m/s}^2)\text{rms}/\sqrt{\text{Hz}}$  程度の MEMS 加速度計は、計測震度の観測に加え、長周期地震動の観測にも適用できることが分かった。現在、ダイナミックレンジが  $4\text{G}$  ( $39.6\text{m/s}^2$ ) タイプの MEMS 加速度計の試験を進めており、その結果については改めて報告する。

#### 6. 謝辞

試験の実施にあたっては、東京大学地震研究所観測開発基盤センター准教授の酒井様、技術部・総合観測室の西本様、藤田様に多大なご協力を賜りました。また、解析には防災科学技術研究所の SMDA2 を利用しました。この場を借りて御礼申し上げます。

#### 7. 参考文献

- 1) Peterson, J., 1993, Observation and modeling of seismic background noise, U.S. Geol. Surv. Tech. Rept., 93-322, 1-95.
- 2) 平田賢治・藤沢格・片山武・杉岡裕子・海宝由佳・菱木賢治・柏原静雄, 2001, 釧路・十勝沖海底地震総合観測 システムの広帯域海底地震計のセンサノイズ特性についてー気象庁精密地震観測室での比較観測ー, JAMSTEC 深海研究報告第 18 号, 129-137.

# 大規模地震発生を想定した定常地震観測点への蓄電・給電システム導入

○平野 舟一郎（鹿児島大学大学院理工学研究科 技術部）

仲谷 幸浩，八木原 寛，中尾 茂

（鹿児島大学地震火山地域防災センター 附属南西島弧地震火山観測所）

## 1. 鹿児島大学に於ける地震観測体制

鹿児島大学地震火山地域防災センター附属南西島弧地震火山観測所は、1991年に理学部の附属施設として発足以降、地震・火山噴火現象に関する基礎的な研究の推進を目的として、地震及び地殻変動観測を中長期に継続してきた。現在、九州南部から南西諸島北部域に展開されている27箇所の地震観測点のうちの11観測点は、当時の地震予知計画（建議）に基づき1989～1996年に設置され、全国の高感度地震観測網の基盤的観測点として維持を義務付けられた定常地震観測点である（図1）。定常地震観測点よりリアルタイムで送信される高感度地震計のデータは、国立研究開発法人防災科学技術研究所、および他の国立大学等で研究に用いられるだけでなく、気象庁においても地震に関する情報や緊急地震速報等の即時的な防災情報の発信に利活用されている。

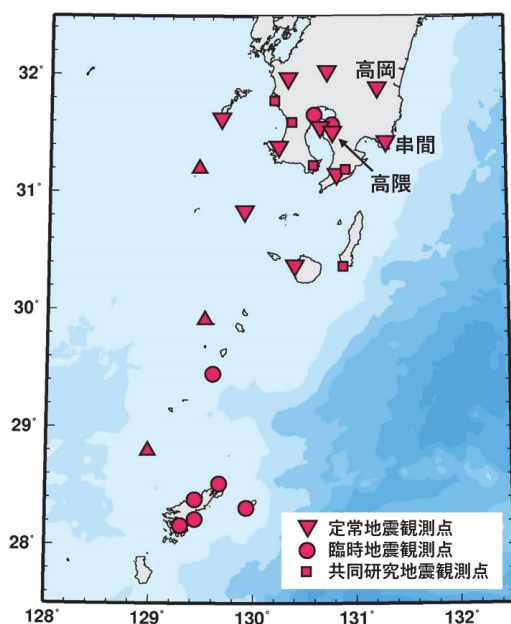


図1. 観測点配置

## 2. 大規模地震発生と電源問題

一方で、2011年に東北地方太平洋沖地震、2016年には熊本地震、更に2018年に北海道胆振東部地震が発生し、甚大な被害をもたらした。今後、想定される大規模地震のひとつに南海トラフ地震がある。南海トラフ沿いの巨大地震は、フィリピン海プレートがユーラシアプレート下に年間数cmの速度で沈み込むことに伴い、概ね100～150年間隔で発生している。最近では、1944年に昭和東南海地震、1946年に昭和南海地震が発生し、これらの地震から70年以上が経過した現在、南海トラフにおいて次の巨大地震発生の切迫性が高まっている。

このような大規模地震が発生すると、商用電源の喪失が数日にわたり継続することが予想される。特に、人家等のノイズ源が生じやすい場所から離れた山間部等に設置された定常地震観測点においては、商用電源復旧までの日数が居住地域に比較して、更に遅れる可能性が高い。しかしながら、当観測所では観測点のバックアップ電源として、小型のUPSを使用しているにすぎず、長期間の停電に対して脆弱である（商用電源喪失後、数時間程度でデータ収録及び送信が停止する）。すなわち、巨大地震や大地震発生直後の余震の発生域拡大等の活動推移を把握するために不可欠な地震観測データを、本震発生後数日間にわたり取得出来ないことは、憂慮すべき大きな問題である。

## 3. 蓄電・給電システムの導入

以上のことから著者らは、商用電源喪失時においても10日間程度の電源給電が可能なシス

テムの導入を検討した。尚、本システムは、平常時は商用電源からの蓄電と給電を常時行う。今回、本システムを導入する定常地震観測点（高隈・串間・高岡：図1）は、南海トラフ巨大地震の想定震源域（内閣府）の近傍に設置され、このうち高岡観測点が位置する宮崎市の平野部では最大震度7が想定されている。

観測機器を含むシステム構成を図2に示す。主に、バッテリー（CONCORDE LIFELINE GPL-31T（12V、105AH×8台））、充電器（未来舎 CH-2440AR）、DC-AC コンバータ（未来舎 FI-SU1503C-24VDC）で構成される。バッテリーは2直×4並列（24V、420AH）で使用した。また、今回使用したDC-AC コンバータでは、平常時は商用電源が優先され、停電時のみインバータACから出力されるが、電源切換え時はリレー回路が動作するため瞬断が発生する。このため、DC-AC コンバータ出力と負荷の間に無停電電源装置（APC BR550S-JP）を接続した。

観測機器の主な構成は、観測点により若干の違いがある。高隈観測点の場合、計測ユニット（白山工業 LF-1100R、LF-2100R）、ルーター（YAMAHA RT57i）、ISDN 回線リピーター（NTT）である。各機器の消費電力の合計は、停電時のDC-AC コンバータの動作電力を含めて約35Wであり、DC-AC コンバータの変換効率（約90%）を考慮した場合でも計算上は11日程度の電源が確保される（消費電流： $35\text{W} \div 24\text{V} \div 1.5\text{A}$ 、放電時間： $420\text{Ah} \div 1.5\text{A} \div 280\text{h} \div 11\text{day}$ ）。尚、地震観測点において電源バックアップする場合、一般的には、消費電力を抑える為に、現地収録機能を優先させ、通信機器はバックアップの対象外とされている。一方で、これまで当観測所に於ける地震観測点では、台風や豪雨に伴う長期停電の際、電力より通信が数日早く復旧、または、電力線のみが断線といった事例が多く発生している。そこで、今回は通信機器をもバックアップ対象とした。

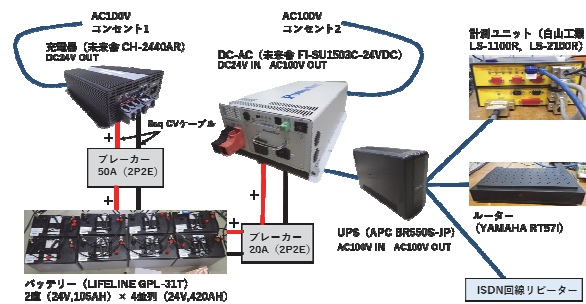


図2. システム構成（高隈観測点）

現在の作業進捗状況であるが、昨年10月に所内動作試験を終え、12月に高隈観測点への設置を完了した。設置完了後は、10日間程度の停電試験を行い（観測坑内ブレーカーOFF）、実際の使用環境に於いて、平常時、停電時、復電時の動作に問題が無いことを確認した。今後、3月末を目標に高岡および串間観測点への設置を完了する予定である。本発表では実際の導入事例を報告する。

## 文献

地震調査研究推進本部ホームページ

<https://www.jishin.go.jp/>, (参照 南海トラフで発生する地震)

中山ほか、2012、東北地方太平洋沖地震における東北大学の被害状況と復旧対応（地震研究所職員研修会）。

山口ほか、2012、地震地殻変動観測点の電源とデータのバックアップ（地震研究所職員研修会）。

**謝辞：**システムの導入は、本学の2019年度経営戦略経費に基づいて行われた。また、北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センターの一柳昌義氏よりアドバイスを受けた。高岡観測点は、台風や豪雨の影響による林道崩壊に伴う復旧対応等、本学の農学部附属演習林スタッフの方々に御協力頂いている。観測機器の利用は、東京大学地震研究所共同研究プログラムの援助を受けた。記して感謝致します。

## ドローン搭載用 3 軸磁気センサーに付属させる 物理センサーのデータロガーの構築

○浦野幸子（東京大学地震研究所 技術部技術開発室）

小河勉（東京大学地震研究所 観測開発基盤センター）

### はじめに

ドローンに 3 軸フラックスゲート磁気センサーを搭載し、空中磁気測量を行う計画がある。ドローンの移動によってセンサー自体の姿勢が刻々と変化するため、地磁気の向きを算出するにはセンサーの姿勢も記録する必要がある。そこで 3 軸磁気センサーとともに、物理センサー（IMU）も搭載する。その物理センサーのロガーを Arduino と Raspberry Pi を用いて製作中であるので紹介する。

### 全体の構成

ドローンに搭載する装置全体の構成を図 1 に示す。図に記載はないが、Arduino と IMU は Raspberry Pi 経由で給電する。3 軸フラックスゲート磁気センサーと SciLogger は Raspberry Pi 用とは別のバッテリーを用意する予定である。

### IMU～Arduino

IMU は、主に姿勢検出の目的で使用するセンサーをまとめたものである。今回使用する Pololu 社の AltIMU-10 v4 は気圧+温度センサー、3 軸加速度+3 軸磁気センサー、3 軸ジャイロの 3 つのセンサー IC が周辺回路とともに 1 枚の基板に搭載されている。いずれも、I<sup>2</sup>C 通信で設定やデータの取得ができる。

Raspberry Pi も I<sup>2</sup>C 通信のマスターとして動作させることができるが、即時性に欠けることと、Raspberry Pi の負荷を減らす目的で、Arduino MICRO を併用することとした。それぞれのセンサーの計測周期、レンジを表 1 に示す。Arduino はこれらの初期設定をした後は、400m 秒おきに IMU から計測値を取得し、それ以外の時間は Raspberry Pi からのシリアル通信入力を待機する。そして入力があった際には、その直前の計測値を即時シリアル出力する。

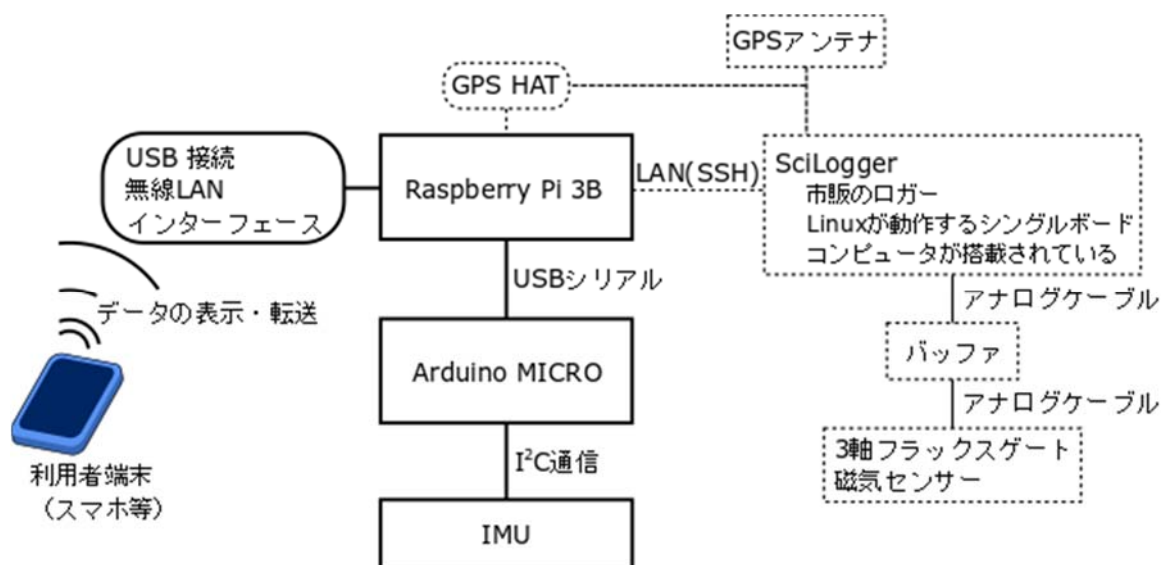


図 1 装置の構成（点線部分は未着手）

表 1 IMU 搭載センサーの仕様

(太字下線付きは今回使用している設定, \*は使用しているレンジにおける感度)

| センサーIC                     | LPS25H                 |               | LSM303                                                         |                                           | L3G                                        |
|----------------------------|------------------------|---------------|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 測定対象                       | 温度                     | 気圧            | 加速度                                                            | 磁気                                        | ジャイロ                                       |
| 出力データ<br>レート<br>(ODR) [Hz] | <u>1/7</u><br>/12.5/25 | 温度と<br>共通     | <u>3.125</u> /6.25<br>/12.5/25/50<br>/100/200/400<br>/800/1600 | <u>3.125</u> /6.25<br>/12.5/25/50<br>/100 | <u>12.5</u> /25/50<br>/100/200/400<br>/800 |
| 測定レンジ                      | 記載なし, 固定               |               | <u>±2</u> /±4/±6/±8/±16<br>[G]                                 | <u>±2</u> /±4/±6/±8/±12<br>[gauss]        | 245/500/ <u>2000</u><br>[dps]              |
| 感度                         | 4096<br>LSB/hPa        | 480<br>LSB/°C | 0.60<br>[mm/sec]/LSB *                                         | 8.0<br>nT/LSB *                           | 70.0<br>mdps/LSB *                         |

## Raspberry Pi

現状 Raspberry Pi には, デジタルデータ収録と Web サービスによる収録データの表示・転送機能が実装されている.

- デジタルデータ収録 (python プログラム) :  
100m 秒おきに Arduino にデータ送信命令をシリアル通信で送信し, 受信したデータに内部時計に応じたタイムスタンプを取り付けた上でファイルに保存する.
- Web サーバー : USB 接続の無線 LAN インターフェースをアクセスポイントとして, 利用者の端末 (スマホ等) からの接続要求を受け付け, Web サービス経由で収録データを表示・転送する. 尚, 今回使用している

Raspberry Pi3B 自身にも無線 LAN 機能があるが, 電波強度が弱いいため, 利用者端末との通信には用いず, 既存 Wi-Fi (インターネット) との通信に使用する.

## 今後

Raspberry Pi に以下の機能を追加する予定である.

- NTP サーバー : GPS HAT からの信号を処理して内部時計を GPS に同期
- SSH クライアント : SciLogger に収録されたデータを LAN 経由での SSH 接続によって受信し, Web 公開する.



## Raspberry Pi と Cacti を用いたサーバ室環境監視

○上原美貴（東京大学地震研究所 技術部技術開発室）

### はじめに

サーバの管理において、設置環境（温度・湿度）のモニタは欠かせない要素であるが、従来のペンレコーダーや専用機器は高価、記録紙交換の手間がかかるなど、多点の監視には向かない。本発表では、安価かつメンテナンスの手間の少ないシステムとして、Raspberry Pi、温湿度センサ、Linux、Cacti<sup>1</sup>を使った監視の事例を紹介する。

### 構成

センサとして Raspberry Pi Zero w とボッシュ社の BME280 を搭載した拡張基板<sup>2</sup>を組み合わせた。データ収集サーバは CentOS サーバを使用し、収集サーバとセンサ間の通信には監視におけるスタンダードプロトコルである SNMP を用いた。SNMP は、白山 LF シリーズなど様々な機器が対応しており、商用、オープンソースのどちらも豊富なフロントエンドツールが存在する。今回は既存システムとの親和性を考慮し、地震研究所地震火山情報センターでサーバ類の監視に利用している Cacti を採用した。

### 測定結果の視覚化

図 1 に収集したデータを視覚化した例を示す。表示するデータ（グラフ）の種別、期間は閲覧者が自由に選択でき、同種のデータ（例えば温度）、異なる時間間隔（1 日、1 週間、1 か月、等）のグラフを並べて表示することも可能である。数値データは CSV 形式でダウンロードできる。また、ログインユーザ毎に、グラフの閲覧権限、ログイン直後に表示するグラフの種別やテーマを変えることもで

き、それぞれの対象に合った表示が容易に選べることも Cacti の利点である。

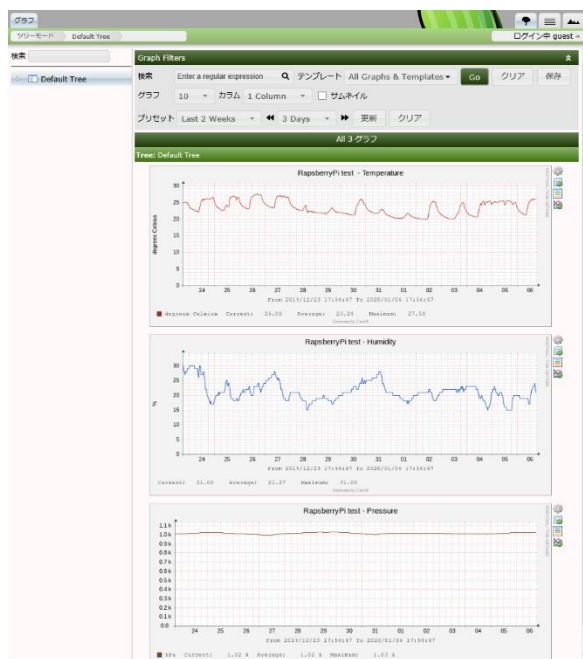


図 1 Cacti グラフ表示例

### まとめ

Raspberry Pi, SNMP, Cacti を組み合わせることで、比較的安価かつローメンテナンスな監視システムを構築することができた。今後は多点監視への展開、観測点のステータスの把握など監視対象の多角化、SNMPTrap を利用した能動的な監視等の応用が期待できる。

### 参考文献等

国立情報学研究所, 2019, 第 18 回研究教育のためのクラウド利活用セミナー「IoT プラットフォーム「sakura.io」で実現するセキュアな IoT サービスの構築実践」  
大塚ほか, 2019, 地震計台における環境計測（地震研究所職員研修会）

<sup>1</sup> <https://www.cacti.net/index.php>

<sup>2</sup> <https://bit-trade-one.co.jp/product/module/adrszbm/>

## 阿蘇中岳での電磁気観測について 2019

○井上 寛之<sup>A)</sup>、宇津木 充<sup>A)</sup>、南 拓人<sup>B)</sup>

京都大学火山研究センター<sup>A)</sup>、名古屋大学地震火山研究センター<sup>B)</sup>

### 1. はじめに

京都大学火山研究センターでは、熊本県の阿蘇中岳火口周辺で定点地磁気全磁力連続観測を行っている。加えて 2014 年から不定期で ACTIVE と呼ばれる人工電流を用いた電磁探査を繰り返し行ってきた。昨年この電磁探査を連続観測として行うことを目的に機器を設置した。その後の経過について発表を行う。

### 2. 中岳での ACTIVE 観測について

昨年 ACTIVE 観測機材を阿蘇中岳火口周辺の 4 か所に設置した。(図 1)。内訳としてはトランスミッター1セット(図 2)、レーザー3セットである(図 3)。(図 1 で緑丸は一時観測点、赤丸は連続観測点を表す。)



図 1 観測点位置



図 2 トランスミッター



図 3 レーザーB02 点

### 3. メンテナンスについて

2019 年に入り寒い時期に通信が途絶えることもあり、現地確認を行った。結果はバッテリーが落ちていたので、新品に交換を行った。その後、阿蘇中岳火口の火山活動が活発化し、噴火警戒レベルも 1 から 2 へ上がり、更に灰噴火も始まった。そのため、データが止まっても現地へ赴いてメンテナンスを行うことが出来なかった。2019 年 10 月によりやく全点を回ることが出来た。その結果、複数の点でガス、降灰、台風による風雨などで機器不良、故障などが生じていたことが明らかになった(図 4, 5, 6)。



図 4 レーザーA03 点



図 5 レーザーB02 点



図 6 トランスミッター

一旦各連続点の機材を回収しメンテナンスを行った(図 7, 8)。中岳の火山活動が活発化している状況を考慮し、連続観測を一旦休止し、しばらくは繰り返し観測を定期的実施することと



した．この観測では観測点に機材を設置し一晩だけ観測を行い，翌日機材の回収をする．今回の観測では予備機も用い図 9 の 4 点で観測を行った．



図 7 回収した機器の清掃      図 8 機器のチェック      図 9 再観測点位置

具体的には緑丸の A01, A02, A04 にレシーバーを設置し、トランスミッターは同じ位置の S1 に設置して観測を行った．回収した機材は一部火山ガスで GPS や LAN の接続端子部分がかなり腐食していたため，動作チェックやデータ回収に時間を要した．

#### **4. まとめと今後について**

火山活動の影響で遅くなっていた現地観測点の現状確認を行い，機材の回収を行った．その後，機材の動作チェック及び予備機も使用して観測を行った．設置点は比較的アクセスを行い易い点にした．

今後は火山活動の影響を考慮して連続観測は行わず 1, 2 か月を目途に不定期に観測を行っていく予定である．

## 七輪マグマ装置開発の歴史

馬渡秀夫

京都大学 大学院理学研究科附属 地球熱学研究施設(別府)

### 1. はじめに

七輪マグマの装置開発については、本研修会をはじめとしてある程度既報ではあるが、後述の状況を受け、今年度については、その開発の時系列について、また、開発に関わった人的・技術的な背景などについてまとめ、発表を行うこととした。

昨年度、本研修会の発表で、2010 年当時在籍していた三好雅也-機関研究員(現・福井大学准教授)らのグループが困った状況となっているのを見かねて溶岩流演示を手伝うことになり、七輪マグマ装置を開発することになったことを記載した。今年度は地球科学関連の業務が少なく、発表は行わずに参加だけを考えていた。しかし 11 月上旬、七輪マグマ装置を使った TV 番組が放送された際、装置の開発過程の紹介について、多少の語弊があるのではないかという感想を持った。

### 2. 溶岩流演示

地球熱学研究施設における溶岩流演示は、2007 年に齋藤武士-機関研究員(現・信州大学准教授)らのグループにより発案され、その 2 月 11 日に「おおいたっこ科学マインド育成事業～ジュニアサイエンスフォーラム～」で実施された。

以下は当時の開発記録写真の一部である。



彼らは度重なる試行錯誤により、溶岩流演示に適する資料組成を見出し、演示を実施した。

### 3. 溶岩流 リスタート

その後、メンバーの転出などもあり、溶岩流演示は途絶えていたが、2010 年に、三好研究員が再開することを決意して準備を始めることとなる。



演示方法としては 2007 年と同じように電気炉加熱で溶岩を作ることとし、順調に準備が進んでいたが、加熱容器であるアルミナ坩堝が加熱途中で割れ、高温の融剤を含む試料が漏れて炉内を熔損してしまい、電気炉が使えなくなってしまう。

### 4. 七輪と木炭とガスバーナー

電気炉が使えなくなったため、その当時別府に在籍していた下岡順直-機関研究員(現・立正大学助教)が、七輪に入れた木炭を、輪に変えたヘアードライヤーで強制燃焼させて加熱する方法を提案し試料の融解を試みた。

しかし、この方法だけでは、試料を融解させることができず、どうにも困った状況になっていたようであった。

研究員たちが七輪を囲んでいるところに通りかかり、話を聞いたところ、前述のように「融けなくて困っている」ということだった。



電気炉ではうまく融けていたという話を聞き、ざっと観察したところ、上部からも加熱(もしくは断熱)すれば、融解までもっていけそうに思われた。そこで、職員宿舎にある手持ちの草焼きバーナーのブタンガスの炎(約 1300℃)で試料容器全体を覆えばどうだろうかと考え、バーナーを持参しテストしてみたところ、全体を融解させる事が出来、2010 年の地球熱学研究施設一般公開において、溶岩流の演示を行うことが可能となった。





## 5. 七輪マグマへ

別府施設の溶岩流演示として形になった七輪・バーナー加熱方式であったが、次の演示は一年後の施設公開だということで忘却の彼方となっていたある日、研究員達としては、別府市内の小学校での出前授業に使えるかと引き続き予備実験を続けていたところ、「ストックしていたアルミナ坩堝が全て割れてしまった」、という相談を受けた。私は何も考えず、今までと同じアルミナ坩堝を買うように助言した。しかし、この助言が全くの裏目に出てしまう。新たに届いた坩堝でのテストは散々で、一度も試料を融解させることなく購入した全ての坩堝が割れてしまった。

これまで行き掛り上でのお手伝いだし、ということもあり、正直なところ本腰ではなかったのだが、もうそんな事を考えている場合ではなくなった。加熱容器を何とかしなくてはならない。調べてみると、一般的にアルミナ坩堝は、炎で直接加熱するような昇温速度には耐えられないという事が判明した。以前に使っていた坩堝がなぜ耐えられていたのかは不明であるが、生産時期・原料変化による特性の違い、だとすれば、再購入しても、同じように使えない可能性が高いと考えられた。更なる調査も真面目に行い、高い昇温速度(内部応力)に耐えられる坩堝は、白金、超耐熱合金、炭化珪素などではないかと思われたが、本業ではないアウトリーチ予算で買えるようなモノではなかった。

どうしたものかと考えた時、昨今はスポーツカーではない普通の自動車の純正エキマニにも軽量化のためステンレス系材料が使われ始めているという記事を思い出した。調べてみると、一般用途のステンレス鋼材でも繰り返し加熱で 800℃近辺まで、一度きりの加熱なら 1050℃近辺まで使えるらしい事が判り、キッチン用品が使えると考えた。

また、急場凌ぎのバーナー加熱を真面目に再検討してみた所、坩堝を支える金網が冷却部材の役目を果たしていると考えられ、木炭の燃焼熱を効率良く伝えるには、三角架を作り、容器を直接加熱する必要があると考えた。これには DC2 や V6 車に CBA8P で一泡吹かせようと BPZE の燃焼室形状等を四六時中考えたことが役立った。

加えて、木炭の投入量を増やして加熱時間を長くするために七輪を重ねて内容積を増やしてはどうかというアイデアで止まっていた研究員に対して、「七輪を切れば良い」というアドバイスと演示を行い装置化を達成した。

これには、所有していた TE71 へ主要な部品を移設し終え、不要となった AE86 ボディのルーフ、フロアをハンドグラインダーで切り離し、二つにして捨てた経験が役立った。この後のことは概ね既報のとおりである。

## 6. アウトリーチへの貢献と業績

大学技術職員には、色々な業務が課せられている状況があるが、法人化前の国立大学技官には、文末に記載したような評価基準があった。私自身としては、アウトリーチ活動はその評価基準にはあまり合っていないのではない

か、という懸念があった。また、「アウトリーチ活動は技術ではないなあ」、という思いも抱いていた。しかし、溶岩流演示に関わった事によって、持てる技術を応用できる場面があること、また、それが評価される業績として結実する場合もあること、を、身を持って知ることとなった。

ただ、これまで、アウトリーチを評価に繋げるための論文にしても、非常勤である機関研究員たちの就職の一助となれば良いという思いもあり、部分的な執筆をただで著者順などは気にしていなかった。しかしながら、今回の発表を行う動機付けとなった、「考案者は誰だ？」という問題に直面して、おろそかにしてはいけない現実も存在するのだということを痛感することとなった。

余談ではあるが、七輪マグマは京都大学(別府)で開発されたので、別府をはじめ京都大学の先生方に TV 番組の件を相談した。こういった件を多く扱う教員の意見としては、第一報となる装置の応用事例を論文公表するにあたり、装置開発に誰がどのように関与したのかについて事前に同意を取り付けていなかった場合には、後々関与した分野、貢献度を明らかにする事は難しい場合が多いとのことであった。ただ幸いなことに、今回の場合は装置開発にかかる貢献度について研修会の前にコンセンサスを得ることができたように思われる。

## 7. まとめ

今回、大学における業務や分担、貢献に関わるいろいろな事柄を考えさせられることになってしまった。だが、良い方向性や結果を得られた背景として、本研修会をはじめ、技術研究会、技術報告書などで、七輪マグマ装置について発表や報告を行ってきたことがあると思われた。大学技術職員という立場にとって、業務や貢献の内容について実績や結果を残すことが可能となるこのような場を提供してもらえることに大変感謝している。

### 文献

- [1] 2010 年度京都大学理学研究科技術部業務報告集,32-32
- [2] 下岡順直ほか,七輪でマグマをつくる-身近なものをういてマグマ形成過程を観察する-,地学教育 64 巻 3 号,53-69,2011
- [3] 2011 年度京都大学理学研究科技術部業務報告集,5-6
- [4] 2012 年度京都大学理学研究科技術部業務報告集,10-10
- [5] 2012 年度京都大学理学研究科技術部業務報告集,34-34
- [6] 馬渡秀夫ほか,七輪で火山岩の融解を連続観察する器具の製作,平成 26 年度北海道大学総合技術研究会要旨集,2014
- [7] 馬渡秀夫,七輪マグマ展示装置の課題,東京大学地震研究所平成 27 年度職員研修会技術発表予稿集,19-19,2016
- [8] 馬渡秀夫,七輪マグマ展示装置の開発と改良,東京大学地震研究所平成 29 年度職員研修会技術発表予稿集,7-8,2018

### 参考資料

- ・次に掲げる者のうちから技術専門職員を選考する
  - 1) 技術専門官の選考基準に該当する者
  - 2) 職務に関連する技術系の国家試験に合格した者
  - 3) 技術発表会等において職務に関連する技術発表等を行った者
  - 4) 技術職員研修会等の研修を終了した者
- ・次に掲げる者のうちから技術専門官を選考する
  - 1) 職務に関連する技術系の国家試験(大卒程度以上)に合格した者
  - 2) 特許取得の独創的な技術開発を行った者
  - 3) 学会賞等を受賞した者
  - 4) 科学研究費補助金等の公募採択型の各種助成金を受けた者
  - 5) 修士以上の学位を有する者
  - 6) 学会等において職務に関連する論文発表を行った者
  - 7) 職務に関連する著作を発表した者
  - 8) 技術職員研修会等において講師の経験を有する者





(NTT Docomo 網;月額 500 円少々)」とした。観測点からのデータを受信するサーバは、学外の「Sakura VPS (2G プラン;月額 2,000 円弱)」とした。「Sakura VPS」にはより安価な月額 600 円程の 512MB プランもあるが、安価なほど保存できるディスク容量が減るため、当時 50GB 保存可能だった 2G プラン (2019 年 12 月時点では 100GB に増量) とした。

「DTI SIM LE」は、料金が安い反面、プライベート IP アドレスが付与されるのでインターネット側から直接アクセス出来ない問題がある。そこでサーバとモバイルルータの間に「IPsec-VPN」を構築した。VPN 接続により、観測点へのアクセスが容易となり、セキュリティ強化にも繋がる。

オンライン化により、消費電力は計 2.8W ほ

ど増大し、地震計やデータ収録転送装置などを含めた合計消費電力は 4~5W ほどになると計算された。そこで独立電源システムには、70W ソーラーパネル 2 枚と、105Ah のディープサイクルバッテリーを組み合わせた (図 3)。

#### 臨時観測点の設置工程 (図 4~8)

臨時観測点を 1 点作るのにかかる日数は、工事業者による事前工事も含めて 2 日 (=半日+半日) である。初日は工事業者のみの作業であり、バックホーで穴を掘り、穴底に地震計台を設置する。地震計台と地面とのカップリングを強化するために、両者の間にモルタルを敷設することから、モルタルが固まるのを待つためにも、同じ日に地震計の設置は出来ない。翌日以降に、設置担当者が訪問して地震計を設置し、その後工事業者が穴を埋設・転圧し、ソーラーパネル架台や機器収納 BOX, 防草シートや簡易柵を設置して完成となる。

#### おわりに

臨時観測点の設置作業は 2019 年 9 月から始まり、12 月末時点で 9 点の設置が完了している。引き続き設置作業を進めて、良質なデータ取得に努めたい。



図 4. 地震計を設置しカバーを被せる



図 5. 地震計穴をバックホーで埋設・転圧



図 6. 防草シート・ソーラー架台・機器収納 BOX 等を設置



図 7. 機器収納 BOX の内部



図 8. 臨時観測点の完成



## B フレッツ・ISDN・ADSL サービス終了に伴う対応

佐伯綾香（東京大学地震研究所 技術部総合観測室）

### はじめに

東京大学地震研究所では、地震・火山・GPS などの観測を各地で行っている。定常的に観測を行っている観測点では、観測データをリアルタイムで収集するために、ISDN/ADSL 回線、光回線、衛星通信、モバイル通信など様々な IP 通信回線を利用している。その中で、NTT コミュニケーションズ株式会社（以下 NTT）より「B フレッツベーシックタイプ」、「ISDN デジタル通信モード」、「フレッツ ADSL」のサービスを終了することが発表された。今回は、サービス終了に伴う対応について報告する。

### サービス終了予定について

NTT より以下の通りサービス終了することが発表された。

B フレッツベーシック：2021 年 1 月末

フレッツ ADSL：2023 年 1 月末

ISDN デジタル通信モード：2024 年 1 月末

フレッツ ISDN：終了時期未定

2018 年 11 月 30 日新規申込受付終了

よって、B フレッツの回線は光ネクストへの移行、ISDN/ADSL のメタル回線は光回線への移行作業を早急に行う必要がある。

### 対応が必要な回線

技術部で保守管理している観測網において、フレッツ光への移行が必要なメタル回線は 80 件あり、また B フレッツの回線は 3 件存在する。全ての回線を個別に対応していくことは多大な労力が必要なため、NTT 東日本法人窓口を通じて、ある程度まとめて対応し

ていくことになった。

### 作業工程

担当者と打ち合わせを行い、以下の通り進めていく予定である。

#### 【ISDN/ADSL 回線】

1. 各回線の光化対応エリアについて調査する
2. 切替機器構成を決定する
3. 日帰り可能な観測点で試験的に切替作業を行い、切替手順を決定する
4. 観測点情報を提示し、事前調査立ち合いの要否判断を行う
5. 県単位で観測点のエリア分けを行い、スケジュール調整し、光化の作業を行う

#### 【B フレッツベーシック】

1. 回線の使用者を確認する
2. 切替手順を決定する
3. フレッツ VPN を新規に開通させる

### 切替機器構成

NTT から切替構成案として、以下の案が提案された。

案 1：既存のルータ+ONU

案 2：ひかり電話ルータ

案 1 では、既存のルータの他に ONU が必要であり、AC 電源の口が 1 つ増える。案 2 ではこちらで機材を用意する必要が無く、ルータの保守まで NTT が受け持ってくれるが、保守を依頼して対応してもらうまでの期間は不明である。よって、今回は案 1 を採用することにした。キャビネットを用いた観測点など、機器の収納容量や AC 電源の口数に不安がある点は、YAMAHA 社製 NVR-510 を用意し、小型 ONU

を使用する事とした。小型 ONU は NVR-510 に直接接続し、NVR-510 から電力供給される。

### 切替試験

東京都八王子にある八王子観測点と千葉県香取市にある DD29 にて試験的に光化の工事を行った。八王子観測点は横坑の坑内に筐体があり、筐体内に ISDN 回線が引き込まれているため、事前調査の立ち会いが必要と判断された。筐体は十分に容量があるため、既存のルータ (RT57i) と通常の ONU を使用した。

DD29 では、公園内に引き込み柱があり、キャビネットに ISDN 回線が引き込まれている。引き込み柱の場所も回線を引き込む管路も分かりやすかったため、事前調査なしで光回線工

事を行った。キャビネットは容量が限られているため NVR-510 と小型 ONU を使用した。

2019 年 12 月に 2 観測点の切替作業を行ったが、工事日の翌日より VPN 接続が完了し、所内にてデータが届いていることを確認できた。

### 今後の作業

日帰り出来るエリアにての切替試験が終了したため、今後は観測点情報を資料化し、NTT に事前調査の立ち会いが必要か否かを判断してもらうことが必要である。そのため、観測点の地図を作成し、必要な写真を抽出する作業を行う。また、事前調査が不要である観測点については順次光化の工事を進めていく。

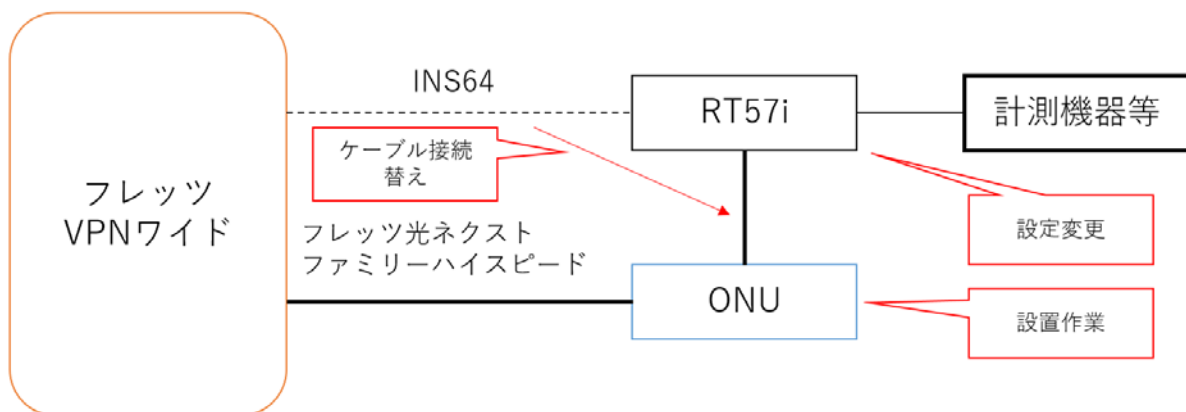


図1 切替機器構成案1

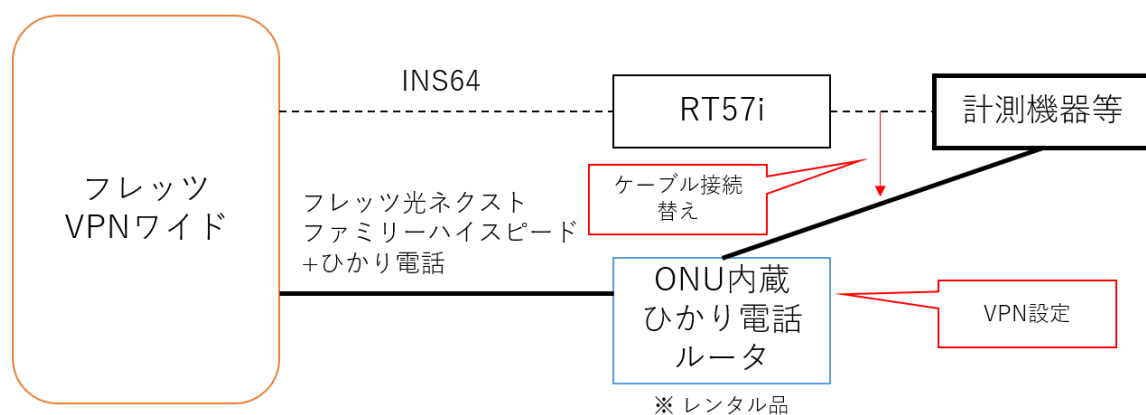


図2 切替機器構成案2

# ドローンを使用して制作した VR 空撮映像の提供

吉川 慎

京都大学理学研究科附属地球熱学研究施設火山研究センター

## 1. はじめに

京都大学では 2011 年から「京大ウィークス」と題して、全国に展開する教育研究施設（京都大学の窓）の施設公開を一定期間に集中して実施する企画が始まった。当センターも 2012 年から（独自の施設公開は 2001 年から実施）イベント企画に参加し、小学生から高齢者まで毎年多数の来場者が訪れている。

近年、VR（仮想現実）や AR（拡張現実）などの映像を身近に楽しめるようになってきた。筆者らはそれらのうち VR に着目し、昨年度、一般観光客の立ち入りが規制されている阿蘇火山中岳第 1 火口近傍の様子を 360 度カメラ用いて撮影し、VR 映像として提供を行なった。その結果、大人から子供まで大変好評であった。今回は、前回の発表で今後の目標として述べた、ドローンを用いて上空から阿蘇中岳第 1 火口の撮影を行い VR 映像の制作をした。本報告では、前回の問題点の修正および VR 空撮映像の制作方法について報告する。

## 2. 空撮 VR 映像の制作

撮影および映像提供に使用した機材等は以下の通りである（表 1）。

表 1 使用機材等のリスト

|      |                                         |                   |
|------|-----------------------------------------|-------------------|
| 撮影機材 | 360° カメラ（RICOH THETA V）内臓メモリ：19GB       | 約 45,000 円@Amazon |
|      | ドローン（DJI Phantom 3）                     | 約 170,000 円@販売終了  |
|      | DJI Phantom 3 用 360 度カメラ固定キット           | 1,980 円@Amazon    |
| 映像編集 | 映像変換等 RICOH THETA Ver.3.7.3（2018.11.26） | RICOH THETA 専用    |
|      | 映像編集・音声合成（DaVinci Resolve）              | フリーソフトウェア         |
|      | 映像編集・音声合成（Adobe Premiere）               | 26,160 円／年@Adobe  |
|      | 音声編集（Audacity）                          | フリーソフトウェア         |
| 映像再生 | 大人用映像再生専用端末（Oculus Go）                  | 約 32,000 円@Amazon |
|      | 子供用（小学生以下）再生端末（iPhone 6S）               | スマートフォン等          |
|      | VR ゴーグル（エレコム VRG-M01RBK1）               | 約 3,000 円@Amazon  |
|      | アプリケーション（VR Player Pro）                 | 250 円@App Store   |

空撮には、ドローン（DJI Phantom 3）と 360 度カメラ（RICOH THETA V）を使用した。ドローンにカメラを取り付ける際には、表中のカメラ固定キットを使用した。これは、ドローンの左右のランディングギア下部に取り付け、結束バンドで固定出来るようになっている。今回は仕様を確認するため既製品を購入したが、複雑な形状ではない事が分かったので、今後は 3D プリンタで制作が可能であると考え

る。動画の編集については、これまで 360 度カメラの専用ソフトウェアでサイズの縮小のみを行い、再生時間については撮影したままの長さで提供していたが、フリーの映像編集ソフト（DaVinci Resolve）を利用することにより、不要な部分をカットし理想的な再生時間での提供が可能となった。同じような機

能を持ったソフトウェアとして有償の Adobe Premiere もあるが、簡単な編集であれば DaVinci Resolve で十分であると感じた。また、ドローンを使用した撮影ということもあり、ロータの回転音や風切り音が大きく、そのままでは火口底から噴出する火山ガスの音が聞きづらい状態であったため、現地にて音声を別撮りし、音声編集ソフト（Audacity）で風切り音などのカット編集を行い映像編集ソフトで再度合成を行なった。

### 3. 空撮 VR 映像の提供と問題点の解消

前回の火口散歩映像は、再生時間が 4 分半あったことと再生端末の数が少なかったため、体験希望者の待機列ができ、中には体験せずに帰られる方も少なくなかった。今回は、そういった問題点を解消すべく、前述の編集によって再生時間を短くし、さらに映像再生専用端末（Oculus Go）を 7 台導入し映像の提供を行った。また、新たに導入した Oculus Go は、スマートフォンに比べてユーザーが操作しやすく装着と同時に映像を開始する機能が備わっているため、解説フリーの展示としてスタッフが常駐していなくても成立するようになった。

また、もう 1 つの問題点として指摘されていた、13 歳未満の VR 鑑賞についての対策も行った。一般的に Oculus GO などの 2 眼タイプの VR ゴーグルは、13 歳未満の子供には使用させてはいけないと言われており（商業施設では 7～13 歳以下は保護者同意の元利用可の場合もあり）、せっかく面白いコンテンツを制作してもこれまで鑑賞する事ができなかった。そこで、1 眼タイプの VR ゴーグル（VRG-M011RBK1）とスマートフォンを使用することにより、13 歳未満の子供でも鑑賞できるように対策を行った。



図 1 映像展示コーナーの様子（左：地球熱学研究施設（別府）、右：SGEPSS（熊本大学））

### 4. まとめ

今年度は、火山研究センター（阿蘇）、地球熱学研究施設（別府）および SGEPSS（地球電磁気・地球惑星圏）にて VR 映像の提供を行った。火山研究センター（阿蘇）では、ドローンを用いた VR 空撮火口映像、前回の VR 火口散歩映像および火山研究センター本館の地震被害状況を巡る VR ツアーの提供も行った。さらに、地球熱学研究施設（別府）では、施設で行われている観測や施設紹介の VR 映像の提供も行った。

このような VR 映像コンテンツは、大人から子供まで大変人気が高く、安全性を考慮して実施すれば、少人数でイベントを運営している施設にとっては、特に有効なコンテンツであると考えている。

今後は、操作型のコンテンツの制作や AR を用いたコンテンツの制作も行っていきたい。



## 阿蘇中岳第1火口から噴出した火山灰の検鏡用試料の作製

○高谷真樹（京都大学 大学院理学研究科地球惑星科学専攻）

吉川 慎（京都大学 大学院理学研究科附属地球熱学研究施設火山研究センター）

### はじめに

阿蘇中岳第1火口では、2016年10月8日以来となる噴火が2019年4月16日18時28分に発生（福岡管区気象台地域火山監視・警報センター，2019a）して以降、繰り返し噴火が起こっている。噴火に伴って火山灰が放出されており、火口周辺のほか、噴火によっては熊本県阿蘇市、高森町、南阿蘇村、山都町、南小国町、産山村および大分県九重町の一部において降灰が確認されている（福岡管区気象台地域火山監視・警報センター，2019b, c）。今回、京都大学火山研究センターで採取された火山灰において、構成粒子の同定をはじめ詳細な観察や記載などを行うための薄片を作製した。本発表ではその手順について報告する。

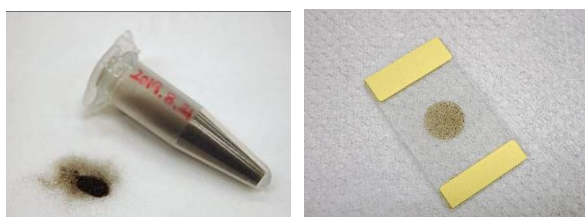


図1. 火山灰試料（左）と作製した薄片（右）。スライドガラスの大きさは28×48 mm.

### 薄片作製手順の概要

薄片とは、岩石や鉱物の観察に適した偏光顕微鏡のもとで用いられる、いわば地質試料のプレパラートのことである。薄片の基本的な作製手順としては、岩石切断機で切断、成形した試料を岩石研磨機で平坦かつ滑らかに研磨したのちスライドガラスに接着する。その後多くの鉱物が光に透過する厚さ（約0.03 μm）まで研磨ですり減らし、最後にカバーガラスを接着する。火山灰などの細かい粒子はそのままでは研磨できないため、粒子を固定するとともに研磨

の際支持できるよう通常前処理として火山灰を樹脂で包埋する。

### 2種類の薄片とその作製手順の詳細

具体的には以下のように採取された火山灰の薄片を作製した。ポリカーボネート板上に瞬間接着剤で固定したガラスリング内に水洗、乾燥させた火山灰を適量入れたのち、エポキシ系冷間埋込樹脂（Struers社製スペシフィックス-40）を注ぎ入れ、約50℃に加熱した真空乾燥器内で脱泡を行うとともにそのまま硬化させた。その後、ポリカーボネート板から取り外し、火山灰の樹脂包埋マウントを得た。ガラスリングはガラス管を切断、研磨して作製した。次に、炭化ケイ素系研磨粉を使用して、岩石研磨機にて#400、#1000、引き続きセラミック板上で#3000でマウントを研磨した。洗浄、乾燥したマウントをエポキシ系樹脂（コニシ株式会社製ボンドEセット90分硬化型）を用いてスライドガラスに接着し、室温で一晩かけて硬化させた。自動切断機で余分な部分を切り離したのち、接着面の研磨と同様に研磨を行いつつ試料厚を調整した。最後にカナダバルサム（株式会社ニチカ社製）でカバーガラスを接着するとともに余剰のカナダバルサムをエタノールで洗浄して薄片を完成させた（図1）。

しかしながら、このようにして得られた薄片を偏光顕微鏡下で観察すると、しばしば試料とは異なる微小な黒いものが視野内に散在して認められた。これは研磨面上の微小な窪みや研磨の際に樹脂に刺さり残留した研磨粉によるものと思われるが、このままでは観察を阻害する恐れがあることに加え、この薄片を研究やア

ウトリーチに活用する際に試料本来の地質情報ではない誤った情報を観察者に与えてしまうことが懸念された。そこで、これらを除去した薄片をもう一枚作製することにした。基本的には上述の薄片と同様に作製を進め、スライドガラスならびにカバーガラスの接着面の研磨において、炭化ケイ素系研磨粉での研磨のち、さらに研磨布 (Struers 社製 MD-MOL) およびダイヤモンドペースト (Struers 社製 DP-ペースト 3  $\mu\text{m}$ , 1  $\mu\text{m}$ ) を用いた鏡面研磨を追加で行った上で薄片を完成させた。この手順を加えたことで微小の黒いものが除去でき、その結果非常にクリアに火山灰粒子を鏡下で観察することができるようになった (図 2)。また、粒子表面は鏡面仕上げとなっている。そのため、試料保護のためカバーガラスを接着した状態で完成としたが、カバーガラスを取り外して研磨面を表面に出すことで、反射光観察や走査型電子顕微鏡などでの表面観察・分析を行うこともこの薄片では可能である。

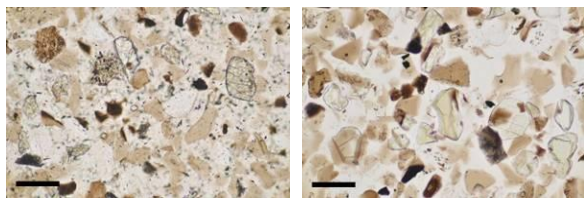


図 2. 火山灰の薄片の仕上げの違いによる偏光顕微鏡下での見え方の比較。(左)一般的な手順で作製した薄片。ただしこの薄片は#3000 まで行わず#1000 で仕上げたものである。(右)両面ともに鏡面仕上げの薄片。いずれもオープンニコル下で撮影したもので、スケールバーは 100  $\mu\text{m}$  である。

## 文献

福岡管区気象台地域火山監視・警報センター,

2019a, 阿蘇山の火山活動解説資料 (令和元年 4 月).

気象庁ホームページ

[https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/monthly\\_v-act\\_doc/fukuoka/19m04/503\\_19m04.pdf](https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/monthly_v-act_doc/fukuoka/19m04/503_19m04.pdf),  
(参照 2020-01-07).

福岡管区気象台地域火山監視・警報センター,  
2019b, 阿蘇山の火山活動解説資料 (令和元年 5 月).

気象庁ホームページ

[https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/monthly\\_v-act\\_doc/fukuoka/19m05/503\\_19m05.pdf](https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/monthly_v-act_doc/fukuoka/19m05/503_19m05.pdf) ,  
(参照 2020-01-07).

福岡管区気象台地域火山監視・警報センター,  
2019c, 阿蘇山の火山活動解説資料 (令和元年 7 月).

気象庁ホームページ

[https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/monthly\\_v-act\\_doc/fukuoka/19m07/503\\_19m07.pdf](https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/monthly_v-act_doc/fukuoka/19m07/503_19m07.pdf) ,  
(参照 2020-01-07).

## 謝辞

火山灰試料は京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設火山研究センターの大倉敬宏教授よりご提供いただいた。また同センターの穴井千里博士には火山灰の洗浄においてご協力いただいた。この場を借りて深く感謝申し上げます。

## SATREPS ネパールプロジェクト地震観測網データの ネパール国家地震観測システムへの送信手段の構築

○山品匡史（高知大学 理工学部 附属高知地震観測所）

### はじめに

地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム「ネパールヒマラヤ巨大地震とその災害軽減の総合研究」（以下「プロジェクト」）によってオンライン地震観測点（8点）がネパール連邦民主共和国産業省鉱山地質局（DMG：Department of Mines and Geology, Ministry of Industry, Commerce and Supplies, Government of Nepal）と共同で整備され、各観測点からの地震波形データがDMG内に設置されたプロジェクトのデータ収録サーバに送信されている（宮川, 2018, 2019）。併せて、データ処理・解析システムも構築され、新規観測点のデータを用いた震源決定などが行われている（例えば、平成30年度実施報告書）。DMGはネパール国家地震観測システムを運用しているが、プロジェクトによる8地震観測点のデータの取り込み、統合処理は行われていなかった。こうしたことから、プロジェクトによる新規地震観測網からのデータをDMGのシステムへ送信するための機能を追加することとなった。

本発表では、プロジェクトによる新規観測網からの地震波形データをネパール国家地震観測システムへ送信するための新機能について報告する。

### 追加された機能

今回新たに設けた機能は、①地震波形データのフォーマット変換（WINフォーマットからminiSEEDフォーマット）、②変換後データのDMGのデータ収録・処理システム

（SeisComP3）への送信手段、から構成される。

①はWINプログラムパッケージの“dewin”プログラムとIRIS（Incorporated Research Institutions for Seismology）による

“ascii2mseed”を用い、②には同じくIRISから提供されている“ringserver”プログラムによる“SeedLink”サーバの機能を用いることとした。今回の開発にあたっての方針は、一般に公開されていて、バージョンアップなどの保守が行われているプログラムを用いる、とした。その理由は、プロジェクト終了後はDMGがプロジェクトによって導入されたデータ収録・処理システムの運用を行うことから、DMGによる不具合対応などを可能にするためである。

2019年12月現在、両機能は問題なく動作しておりプロジェクトにより新規構築された地震観測網からの波形データはDMGのSeisComP3システムへ転送されている。

### 文献・プログラム

【リンク先の最終確認：2020-01-05】

平成30年度実施報告書, 2019, 国際科学技術共同研究推進事業 地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム（SATREPS）ネパールヒマラヤ巨大地震とその災害軽減の総合研究 平成30年度実施報告書, 30頁.

[https://www.jst.go.jp/global/kadai/pdf/h2711\\_h30.pdf](https://www.jst.go.jp/global/kadai/pdf/h2711_h30.pdf)

宮川幸治, 2018, ネパールにおけるオンライン地震観測点の設置, 平成29年度東京大学地震研究所職員研修会アブストラクト集, 1-02, 3-4.

[http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/kenshu\\_iinkai/record/h29/pdf/H29\\_Abst.pdf](http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/kenshu_iinkai/record/h29/pdf/H29_Abst.pdf)

宮川幸治, 2019, ネパールにおけるオンライン地震観測網の構築, 平成 30 年度東京大学地震研究所職員研修会アブストラクト集, 3-03.  
[http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/kenshu\\_iinkai/record/h30/pdf/H30\\_Abst.pdf](http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/kenshu_iinkai/record/h30/pdf/H30_Abst.pdf)

dewin :

<http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/WIN/man.ja/dewin.html>

ascii2mseed :

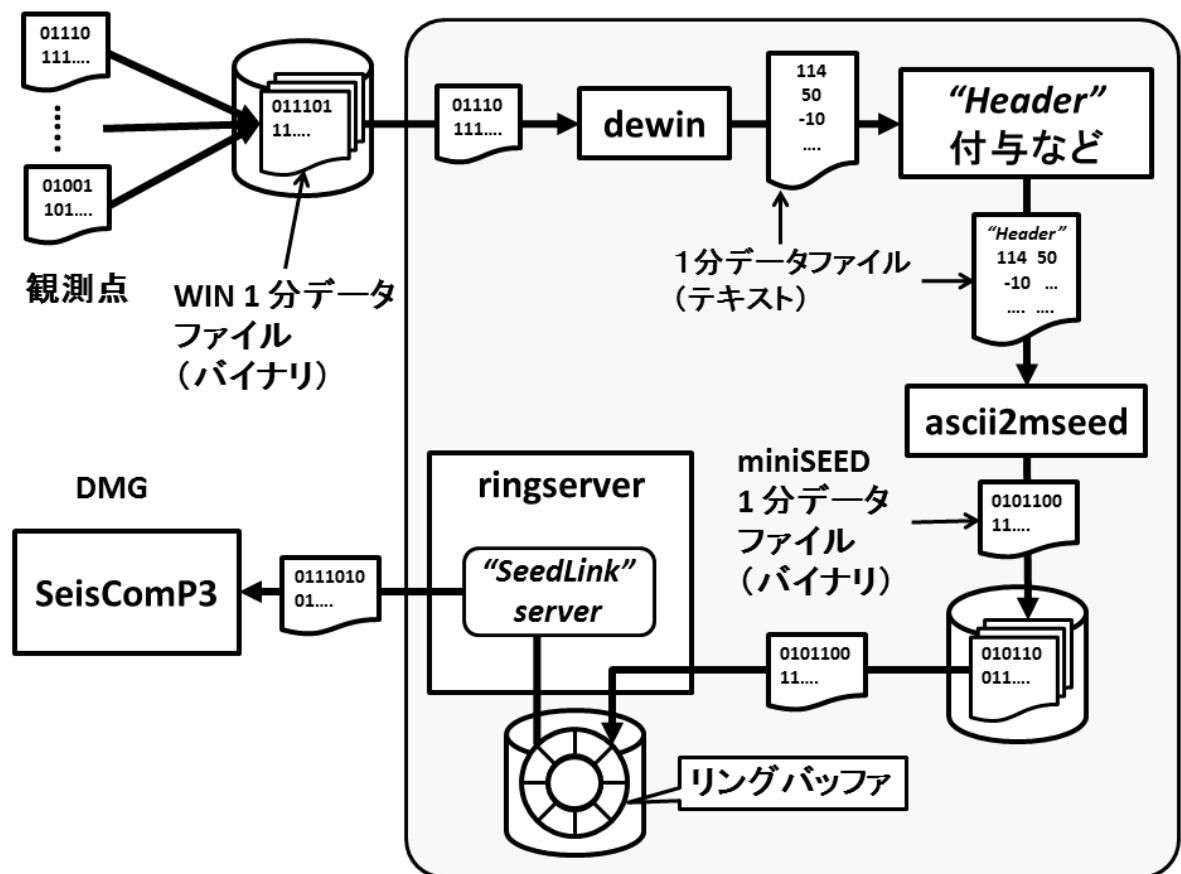
<https://github.com/iris-edu/ascii2mseed>

ringserver :

<https://github.com/iris-edu/ringserver>

SeisComP3 : <https://www.seiscomp3.org/>

謝辞：東京大学地震研究所 宮川幸治氏にはプロジェクトで構築された地震観測網やデータ処理システムなどについて教えていただきました。本報告の成果は、国際科学技術共同研究推進事業 地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)「ネパールヒマラヤ巨大地震とその災害軽減の総合研究 (グラント番号:JPMJSA1511)」の助成を受けたものです。



図：観測データの DMG システムへの流れ. 網掛け枠内が追加機能部分.



## 西之島での地震・空振観測点再設置

○渡邊篤志・大湊隆雄(東京大学地震研究所)

### はじめに

西之島は、小笠原諸島父島の西方約130kmに位置する火山島である。2013年11月、1973-74年に西之島新島を誕生させた噴火から39年ぶりに噴火活動を始め、2年間で約0.1 km<sup>3</sup>の粘性が低い安山岩質溶岩を流出し、0.25 km<sup>2</sup>だった島の面積は2.7 km<sup>2</sup>にまで成長した。2015年11月には第Ⅰ期の活動が収束し、2016年10月に噴火後初の上陸調査が行われ、旧島上に地震・空振観測点が設置された(渡邊ほか, 2017)。

初上陸から半年後の2017年4月、第Ⅱ期の活動が始まり、火砕丘の北側から流れ出した溶岩が西へ流下し、旧島の一部を埋めた。不運にも、観測点はこの溶岩流に飲み込まれてしまった。この活動は8月まで続いた。2018年7月には第Ⅲ期の活動があり、島は西側と南西側に拡大した。この活動は短期間で収束し、10月末には立入規制範囲が火口周辺500mへ縮小された。

2019年秋に環境省による総合的な調査を行うにあたり、安全管理上火山活動のモニタリングが必要だという要請があり、再度、地震・空振観測点を設置することとなった。

### 観測機材

観測点の仕様は、前回は踏襲しつつ幾つかの変更を加えた。主な機材は次の通りである。

|       |                           |
|-------|---------------------------|
| 地震計   | Trillium Compact Posthole |
| 空振計   | SI104                     |
| 記録計   | SC-ADHIMG2                |
| 衛星通信  | Thuraya IP+               |
| 太陽電池  | GT20                      |
| バッテリー | CYCLON-G G26EP            |

### 防水ケース Pelican PC-1520, PC-1430

主な変更点は、上陸・輸送や現場作業の負担を軽減するため地震計を小型なものにしたことと、輸送時の保護と設置場所の選択肢を広げるため太陽電池を2枚に分割したことである。また、前回使用した記録計は毎日2枚のランニングスペクトル画像を定時送信したが、カラーパレット等の調整に難があったので、通信量が増加するもののスペクトルデータそのものを送信するように仕様を変更した。また、バッテリー電圧と基板温度のログも送信するようにし、現地の状況を把握できるようにした。

### 上陸・設置作業

2016年の調査では上陸作業に多くの労力を割いたが、今回は父島からのサポート隊が事前にロープを張ったのと汀線間際までゴムボートを寄せることができたため、実にあっけなく上陸できた。設置も経験済みであり、時間に追われることもなかったので比較的楽に作業することができた。

本発表では、機器の構成や設置状況の詳細などを紹介する。

この観測点再設置は、環境省による「令和元年度西之島総合学術調査事業」の一部として行われた。

### 文献

渡邊篤志・大湊隆雄・武尾 実, 2017, 西之島火山への観測点設置, 震研技報, **23**, 1-9.

## インドネシアにおける火山噴出物調査の紹介

○外西奈津美（東京大学地震研究所 技術部技術開発室）

### はじめに

インドネシアは日本同様、地震や火山噴火による自然災害の多い国である。両国とも沈み込みに位置し、地震・火山現象やその防災に関して共通する課題も多い。このような背景のもと地球規模課題対応国際科学技術プログラム (SATREPS) において、「インドネシアにおける地震火山の総合防災対策（2009～2012 年）」プロジェクトおよび、「火山噴出物の放出に伴う災害の軽減に関する総合研究（2013～2018 年）」プロジェクトが採択され、両国の研究者による共同研究が行われた。本発表では、両プロジェクトのうち、筆者が技術支援を行った火山噴火予測と地質学的評価の分野の研究に関し、その業務紹介を行う。

### インドネシアの火山について

インドネシアには 127 もの活火山があり、毎年そのうちの 10 火山ほどが噴火するなど活発な火山活動がみられる国である。火山ごとに噴火様式や前兆現象の出現プロセスも様々であり、噴火活動とそれに伴う土砂災害が火山周辺に多く点在する人口密集地に甚大な被害を及ぼすことも日本と同様である。図 1 の 6 火山（スメル火山、ケルト火山、メラピ火山、ガルングン火山、グンツール火山、シナブン火山）において、大規模噴火に関する直前予測および中～長期的な活動評価を行うための調査・研究を行った。本発表では長期にわたり噴火活動を継続しており、その間の調査・研究を行っているシナブン火山についての紹介を行う。

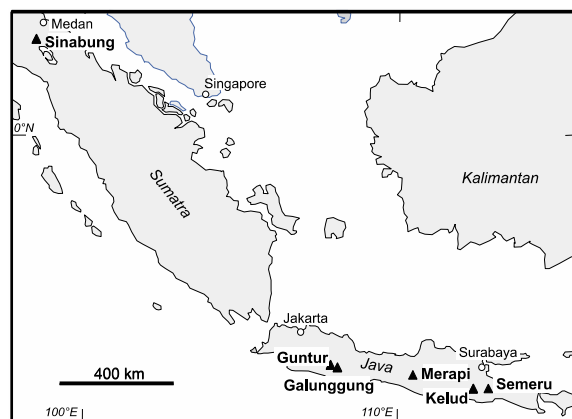


図 1. 調査地域(Nakada et al., 2019 より抜粋)

### シナブン火山の活動記録

- ・約 7.4 万年前のトバカルデラの超巨大噴火活動以降に形成された成層火山である。
- ・標高は 2460m だが、トバ台地の標高 1200m を含む。
- ・産出する岩石は玄武岩質安山岩～安山岩（デイサイト）である。
- ・有史記録では、9～10 世紀に火砕流噴火をおこしたとされている。
- ・2010 年 8～9 月に 400 年ぶりに水蒸気噴火を起こし、以降、現在まで活発な噴火活動を断続的に行っている。
- ・2013 年に再び水蒸気噴火を起こした。以降、マグマ噴火に活動が推移したため、現在まで火口から 4km 以内の入山制限が行なわれている。

### 調査活動

2011 年 3 月にシナブン山の地質調査を行った。山体形成時と思われる溶岩などの噴出物や 9～10 世紀の噴出物と思われる火砕流堆積物、近年の活動で噴出した軽石などを採取した。

2013 年以降は火口周辺への立ち入りが制限されたため、火山周辺地域に飛来する火山灰などの噴出物や、土石流堆積物の採取が主な活動となっている。その他に、レーザー距離測定機を行いて火口から流出する溶岩流や溶岩ドームの形成過程を観察・計測する活動も並行して行っている。

### 噴出物の化学分析

採取し試料を日本へ持ち帰り、顕微鏡観察や EPMA, XRF などの各種化学分析を行った。

XRF の分析結果(図 2)から、今回の一連の噴出物の化学組成と 9~10 世紀の噴出物は同じトレンドを持つことが明らかになった。2010 年の水蒸気噴火で得られた火山灰の分析値は強い熱水変質の影響のためかアルカリ元素に乏しい組成をしめした。軽石と溶岩の化学組成は、火山活動が推移するにつれ、SiO<sub>2</sub> に富む傾向をしめしている。2013 年以降、火山灰の化学組成は溶岩のトレンドに近づきつつ、その延長線上に乗るように変化してきている。

シナブン山の火山灰の化学組成は、溶岩などに比べ、その変化が先行して現れる傾向が認められる。このことから、安全かつ簡便に試料が採取できる火山灰は、有用な化学分析のもモニターとなりうるということが分かった。

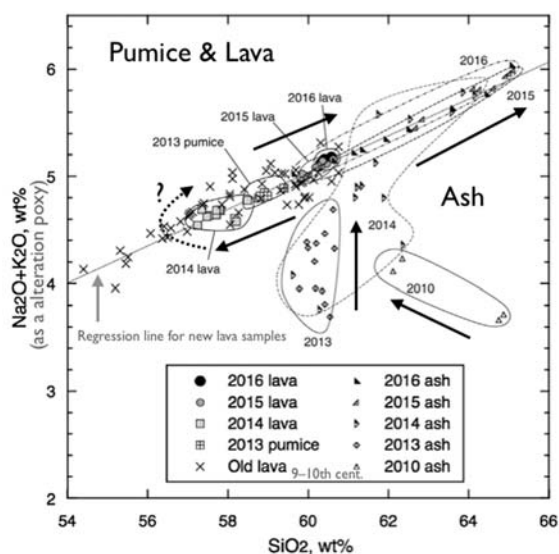


図 2. XRF 分析結果(Nakada et al., 2018 に加筆)

### おわりに

2011~2018 年にかけて、インドネシアとの国際共同研究プロジェクトに参加した。この研究の中で、現地の 6 火山の地質学的調査に同行し、採取した試料の化学分析業務に携わった。この技術支援を通し、試料採取の難しさや継続的な研究体制の重要性を理解することができた。またインドネシアの文化風俗にも触れることが出来たことが貴重な経験となった。

### 文献

Setsuya Nakada, Akhmad Zaennudin, Mitsuhiro Yoshimoto, Fukashi Maeno, Yuki Suzuki, Natsumi Hakanishi, Hisashi Sasaki, Masato Iguchi, Takahiro Ohkura, Hendra Gunawan, Hetty Triastuty., 2018, Growth process of the lava dome/flow complex at Sinabung Volcano during 2013–2016, Journal of Volcanology and Geothermal Research **358**, 87–104

Setsuya Nakada, Fukashi Maeno, Mitsuhiro Yoshimoto, Natsumi Hakanishi, Taketo Shimano, Akhmad Zaennudin, Masato Iguchi, Eruption Scenarios of Active Volcanoes in Indonesia., 2019, Journal of Disaster Research, **14**, 1, 40-50.

## 広報アウトリーチのための火山ビデオの製作

○福井 萌（東京大学地震研究所 広報アウトリーチ室）

○加藤尚之（東京大学地震研究所 地震火山噴火予知研究推進センター）

### はじめに

研究は国民に支えられて行われている．とくに地震・火山・津波は，日本においては，ほぼ全国民に関係するものであるため，各現象がどのように研究されているのか，また，何がどこまで解明されているのか多くの方に説明することは重要である．地震研究所広報アウトリーチ室では，印刷物（Newsletter PLUS），ホームページ，講演会（懇談の場）などにより研究成果の普及に努めてきた．研究過程をわかりやすく紹介する動画は，見えていない部分についての言及がおろそかになってしまう欠点もあるが，視覚的なコミュニケーションが重要な科学において有効である．どのような研究過程を経て新たな知見が得られているのかを理解してもらうのに，より幅広く人に見てもらえるよう，Youtube を使用した（Erviti and Stengler, 2016）．2018 年 3 月に「地震研チャンネル<sup>1)</sup>」を立ち上げ，1 本目としては，地震の観測を説明したものを公開した．2 本目となる今回，火山研究の取り組みに広く理解を得るために「Messages from Volcanoes -火山噴火の解明を目指して-」を製作した．

### テーマの設定

火山を知るためにどのような方法が取られ，それによって得られた結果が，実際にどのように活かされているのか，火山研究の一連の流れを理解してもらえる事を目指した．大枠の構想は広報アウトリーチ室で準備し，その後は火山噴火予知研究センター等の研究者と

話し合いを重ねながら内容の細部を決めていった．視聴対象者は「火山研究について興味を持っている市民」とした．内容は，2011 年霧島連山新燃岳の噴火の発生過程の研究を題材とするが，実際の撮影については，時期や距離といった制約上，浅間山で行った（写真 1，2）．GNSS 観測の様子を火口近くで，火山噴出物の化学的分析の様子を地震研の分析室（写真 3）で撮影した．これらのデータからわかった噴火過程の研究結果について研究者にインタビューした．撮影および編集については，自然・科学関係の映像製作で実績のあるミラノにある Media88 という映像プロダクションに依頼した．

構成・シナリオは 2018 年の 4 月頃から検討を開始し，打合せを重ねて，撮影は同年 11 月の 1 週目に行った．その後，Media88 の担当者との意見交換を行いながら編集が進め，2019 年 5 月 8 日に，Youtube の地震研チャンネル上に公開した．

### 公開

2019 年 8 月に開催された地震研究所一般公開では，初の試みとして，ビデオの上映に続き，出演者によるトーク・会場からの質疑応答を行った（写真 4）．100 名弱の観客が集まり，アンケートの結果によると，「頻繁に開催して欲しい」「興味を持てた」といった意見が多かった．また，普段表に見えない技術職員も出演し，その仕事内容を紹介したため「地道な研究のおかげで火山噴火の仕組みが

1) <https://www.youtube.com/channel/UCC9tZkswBMgqnkqiF3HAzWw>



解ってくるのだと改めて感じた。研究には沢山の人が関わり、技術職員さんの仕事の重要性も知れて良かった。今後も頑張りたいです」と、研究活動に対する理解も得ることが出来た。

### 課題・今後の予定

ビデオの内容については、ほぼ目的に沿うものができたが、Youtubeの地震研チャンネルの存在自体が、まだあまり知られていないこともあり、視聴回数はあまり多くない。より多くの方々に見てもらうために、どうやって拡散させていくかが、今後の課題である。上映会でのアンケート結果などから、動画およびYoutubeの活用は概ね有効なようであるため、定期的なコンテンツ作りが望ましい。次のテーマは未定だが、地球科学への理解、また地震研究所の研究活動を理解してもらう一助になるコンテンツ作りを継続し、地震研究所のアウトリーチ活動として定着させたい。



写真 1. 浅間山火口での GNSS 観測設置の撮影

### 文献

Erviti, M. C., and E. Stengler, 2016, Online science videos: an exploratory study with major professional content providers in the United Kingdom, JCOM, 15(06), A06.

**謝辞:** シナリオ作成に協力していただいたうえ、ビデオに出演していただいた大湊隆雄教授、青木陽介准教授、辻浩技術専門員、安田敦准教授、外西奈津美技術専門職員、武尾実名誉教授、資料提供していただいた金子隆之助教、前野深准教授をはじめ、撮影や上映会・トークショーの開催に協力していただいた東京大学地震研究所の多くの皆さまに感謝します。Media88のGiampiero Gandolfo氏とFilippo Traversa氏には、撮影、編集を行っていただいたほか、シナリオについても有益なご意見をいただきました。

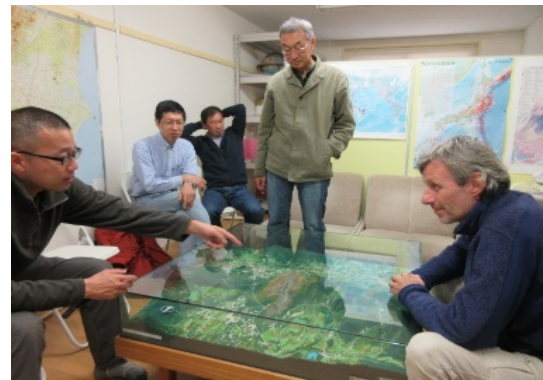


写真 2. 小諸観測所内での事前打合せ

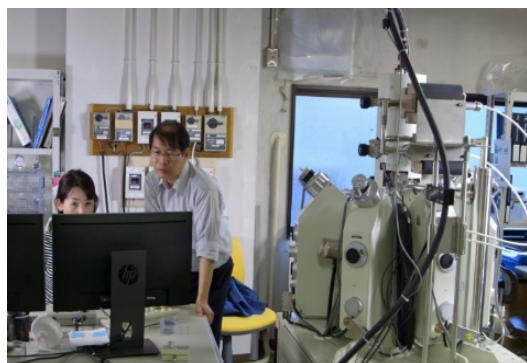


写真 3. 化学分析室での撮影



写真 4. 上映会後のトーク（撮影：尾崎愛）